

# **La construcción de las bóvedas góticas según Rodrigo Gil de Hontañón, arquitecto de la catedral de Segovia**

Santiago Huerta

Se ha escrito mucho sobre la construcción gótica. Sin embargo, hay un aspecto que apenas ha recibido atención: los procesos de ejecución de las bóvedas de crucería. La bóveda de crucería es una estructura compleja formada de arranques (enjarjes), trasdosado, nervios, claves y plementería. La forma y disposición de estos elementos varía mucho de un país a otro, de una época a otra e incluso dentro de la obra de un mismo autor.

La construcción de una bóveda implicaba una serie de actividades que el maestro debía tener en cuenta durante el proyecto y la ejecución. El proyecto suponía, en primer lugar, decidir la traza (la planta) y la montea (la elevación). Además, era preciso elegir la dimensión de los nervios y de las claves para que estos elementos fueran labrados. Para su puesta en obra se precisaban andamios, cimbras, cerchas y grúas. Finalmente, la estructura de la bóveda y de su sistema de contrarresto debía estar en equilibrio en cada una de las etapas de la construcción, y esto imponía un cierto orden durante la ejecución así como determinaba los momentos para bajar las cimbras.

En general, la información que se tiene sobre cada uno de los aspectos mencionados es muy escasa. Las únicas fuentes son los propios edificios y aquellos

documentos (tratados, trazas y condiciones) que han llegado hasta nosotros.

Incluso disponiendo de fuentes queda el problema de la interpretación. La comprensión del proceso de ejecución implica considerar todos los aspectos antes citados. En general, los distintos autores se han centrado en un aspecto u otro, muchas veces dependiendo de la información disponible.

Las bóvedas de la catedral de Segovia, proyectadas y construidas por Rodrigo Gil de Hontañón, constituyen un caso único por la abundancia de la documentación disponible. En el archivo de la catedral se conservan las trazas originales pero, sobre todo, están las condiciones para la ejecución de las capillas de la girola. Por otra parte, ha llegado hasta nosotros una copia del tratado de arquitectura escrito por Rodrigo Gil de Hontañón.

En lo que sigue se intentará, utilizando la información citada, realizar una descripción de los procesos de proyecto y ejecución seguidos por Rodrigo Gil. En primer lugar se describirá el contenido del tratado y de las condiciones, tratando los diferentes aspectos a medida que aparecen. En cada apartado, se añadirán comentarios o se discutirá su contenido. Estos comentarios irán en letra más pequeña. Las citas se han reducido al mínimo y las obras citadas se recogen al final con algunos otros trabajos fundamentales que guiarán al lector interesado a la literatura relevante sobre el tema.

## **El tratado**

Simón García copió al comienzo de su *Compendio*, comenzado en 1681, un tratado manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón, entonces en la catedral de Salamanca y hoy perdido. Distintos autores no se ponen de acuerdo, pero sí parece claro que el tratado se debió escribir después de 1550 cuando Rodrigo, con más de cincuenta años, estaba en plena madurez.

El tratado de Rodrigo Gil es una de las fuentes más ricas e interesantes sobre la traza y ejecución de edificios del gótico tardío español. Nos limitaremos exclusivamente a los aspectos directamente relacionados con la traza y construcción de bóvedas de crucería.

Hay referencias dispersas, a las que aludiremos en su caso, pero Rodrigo Gil dedica un apartado específicamente al proyecto y construcción de una bóveda de crucería. Se trata de un documento único: que sepamos, no se conserva otro en el que un maestro gótico explica los procesos de proyecto y ejecución de una bóveda.

El apartado se titula «De lo que le toca a cada miembro» y comprende los folios 22v al 26v del manuscrito de Simón García; contiene cuatro dibujos. (En lo que sigue la referencia a los folios se dará entre paréntesis. El texto completo se recoge en el Apéndice del final.)

### *Tamaño de claves y nervios*

Rodrigo Gil empieza recalcando la importancia de un correcto tamaño para claves y nervios: «Por quanto bemos en las capillas que açen de cruçeria, es bien que se sepa la grandeça que an de tener las claues, y que Gruesos los miembros» (22v). A continuación da la razón de esta importancia que radica en la estabilidad del esqueleto de claves y nervios durante la construcción: «por quanto bemos muchas que se aRuinan, o por ser las claues mui pesadas, mas de lo que los miembros pueden sustentar, o por ser tan libianas que la Gravedad de los miembros, las lebantán y açen sentimientos».

La clave es para Rodrigo Gil un elemento esencial para la estabilidad del esqueleto durante la construcción (este aspecto se discutirá en detalle más adelante) y su peso depende del de los nervios.

El esqueleto formado de claves y nervios debe ser estable para funcionar como cimbra permanente durante la construcción del casco de la bóveda. La ligera cimbra de los nervios podía deformarse si esto no era así. Podía suceder, entonces, que al empezar a construir el casco el peso del perímetro levantara la clave central. Este suceso ha sido descrito por algunos autores. Philibert de l'Orme en su tratado de arquitectura de 1567 (fol. 110r) dice: «... car ainsi qu'on charge de maçonnerie les reins de la voute, par les stats (sic.) [tas] de charge, la dicte voutes s'ouvre par le milieu, comme voulant monter contremont...» (al cargar los riñones por encima del enjarje la bóveda se abre hacia la mitad como queriendo levantarse). La misma observación hace Mohrmann en sus adiciones al tratado de Ungewitter (1890, 120-121): «Es wird oft beobachtet, dass nach teilweisem Einspannen der Kappen eine Bewegung in den Rippen eintritt in der Weise, dass sich deren obere Enden samt dem Schlussstein von der Unterlage abheben. Diese Erscheinung, die besonders bei etwas nachgiebigen Lehrgerüsten eintritt, ist eine natürliche Folge von der anfangs mangelnden Belastung der Mitte, wenn diese zugefügt ist, legt sich der Schlussstein wieder auf». (Se observa con frecuencia que tras cerrar parte de la plementería, se produce un movimiento en los nervios que levanta sus extremos superiores y la clave central. Esto sucede normalmente cuando ceden la cimbras y es consecuencia de la falta de peso en el centro de la bóveda.) En numerosos tratados de cantería se alude a este efecto en arcos apuntados (por ejemplo, en el

tratado de cantería de Tosca). El dibujo de Mohrmann explica el fenómeno por referencia a arcos apuntados sencillos (fig. 1).

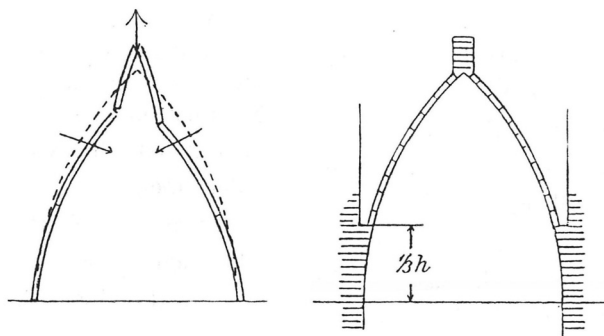


Figura 1. Necesidad del peso de la clave para equilibrar un arco apuntado

### *Empuje del casco de la bóveda contra las paredes*

Rodrigo Gil rechaza la opinión, al parecer común, de que el problema no es intrínseco al esqueleto sino que provendría de un cedimiento de las paredes: «... Y dicen aberse apartado las paredes, lo qual es falso, Porque a la pared no la puede el casco de la capilla apartar, por mala que sea la montea».

Esta opinión debía ser común pues Francisco de Colonia en su Visitación de 1536 alude al mismo tema: «Iten digo que sobre las formas de las naves colaterales que agora estan çerradas no se deven hechar sino dos o tres hiladas de sillares con sus tablamentos y canales y losas y claraboyas y mortidos por que esto bastara alli para el poco puxo que haze el casco de la capilla» (Ruiz Hernando 2003, 230).

Las bóvedas de crucería concentran de forma natural el empuje en las esquinas. El casco apenas ejerce empuje contra las paredes. La prueba es que, con mucha frecuencia, existe una grieta de separación entre el muro y la bóveda. Previendo este efecto, los maestros no enjarjaban el casco en el muro; va simplemente apoyado sobre el trasdós de los nervios formeros.

*Situación y disposición de las armaduras*

A continuación, para reafirmarse en que no es en ningún caso el empuje del casco de la bóveda lo que puede producir un cedimiento de las paredes, comenta lo que suele ser la causa de este movimiento: el empuje de los pares de las armaduras de la cubierta. La solución es subir las paredes por encima del nivel de las claves de manera que la armadura apoye sólo sobre los muros, sobre un sistema de vigas de estribo que formen una caja: «Los tejados suelen algunas veces cargando sobre las clauas ofender, por la carga que tienen; otras veces suelen ofender, estriuando contra las paredes, los quales perjuicios se evitan, con subir las paredes tan altas como la claua maior, de manera que los tirantes, no carguen sobre las clauas, ni casco. Y cargando sobre caxa bien enlazada en los angulos, puesta esta caxa en las lineas de dentro de la pared». (fols. 22v-23r)

Es una buena práctica no apoyar las armaduras de cubierta sobre las bóvedas, pero no siempre se sigue a rajatabla. Hay numerosos ejemplos. Quizá el más llamativo sea el de la Seo de Zaragoza donde la cubierta apoya sobre gruesos machones de ladrillo que se elevan varios metros sobre la bóveda. Sin embargo, hay que señalar que dichos machones apoyan siempre sobre claves o los muros sobre los gruesos encima de los arcos de cabeza de cada tramo. Rodrigo Gil tiene razón en que si la armadura tiene un tirante para absorber el empuje de los pares y, por cualquier circunstancia (pudrición de los encuentros, etc.), este deja de trabajar, entonces, el empuje de los pares puede muy bien hacer ceder los muros. Brizuela proyectó la nueva armadura sobre la nave mayor, tras el incendio de 1614, dejando libre el casco de la bóveda, fig. 2. La armadura se conserva en la actualidad.

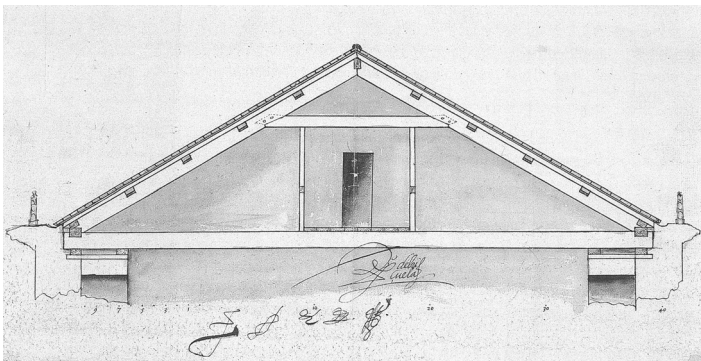


Figura 2 Armadura de Brizuela sobre la nave mayor, ca. 1615 (Arch. catedral de Segovia)

Nótese el nudillo que reduce la luz de los pares y las péndolas que atan el tirante

*Tamaño de los nervios*

Sin apenas solución de continuidad, tras una breve mención a que ya se dieron reglas sobre las proporciones generales de los templos, Rodrigo Gil pasa a tratar el tamaño de los nervios, tomando como medida clave su espesor, «lo que a de colgar el miembro de cruçeria» (fol. 25v) de la plementería. Para ello acude a la analogía con el cuerpo humano.

(Para interpretar correctamente el contenido del tratado no hay que olvidar que Rodrigo Gil es un arquitecto que está en la divisoria entre el gótico y el Renacimiento, y que en el tratado busca una y otra vez la forma de conciliar ambos mundos. Así, al tratar la traza general de los templos, trata el tema primero por «analogía» (buscando similitudes con las proporciones del cuerpo humano, Caps. 1-4, fols. 1r-11r) y luego, por «íometría» (el empleo de trazados y proporciones geométricas, Cap. 5, fols. 11v-15v). )

Para el tamaño de los nervios acude a la mano. La mano tiene cinco dedos y cinco son los nervios que acometen al arranque en cada tramo en una bóveda típica de cruería. El pulgar es el perpiaño, el índice y el anular son los terçeleles, el corazón es el crucero y el meñique el formero (Fig. 3): «Pues para tener regla General (que es lo que pretendemos) se entendera que el dedo polus, se tenga por el arco; Y el index, y el anulo, por terçeleles, Y el de en medio por cruzero, y el auriculi, por forma» (fol. 23r).

La proporción del espesor de los nervios con la mano es la misma que la mitad de la uña («onza») de cada dedo respecto a la longitud de la mano: el pulgar 1/10, el índice y el anular 1/14, el corazón 1/12 y el meñique 1/18. Rodrigo Gil expone esta relación en el texto y, más adelante, añade un dibujo explicativo (Figura 3):

Y para saber que proporçion tengan estos con la mano, son la mitad de las onzas de estos dedos, que es el largo de la vña de cada dedo. la qual tiene proporçion con la mano en esta manera el polus un deçimo, de la largura de la mano; el index, y el anulo vna de 14 partes el del medio vna de 12 partes. El auriculi vna de 18 partes.

Tras dar las proporciones entre uña y mano para los distintos dedos, enuncia su regla para los nervios. Aplica la regla estricta para el perpiaño (pulgar) 1/20 de la luz, el crucero 1/24 y los terçeleles 1/28. Pero para el arco de forma estipula 1/30, algo más de espesor del 1/38 que se deduciría de la aplicación estricta de la regla

Algunos autores han visto en esto una incorrección por parte de Rodrigo Gil. Parece evidente que sólo trata de ajustar las proporciones usuales del proyecto gótico a las de la mano. El empleo de la proporción en el proyecto nunca se hace de manera rígida (salvo en los libros modernos, a partir del siglo XIX, dedicados al estudio de la proporción).

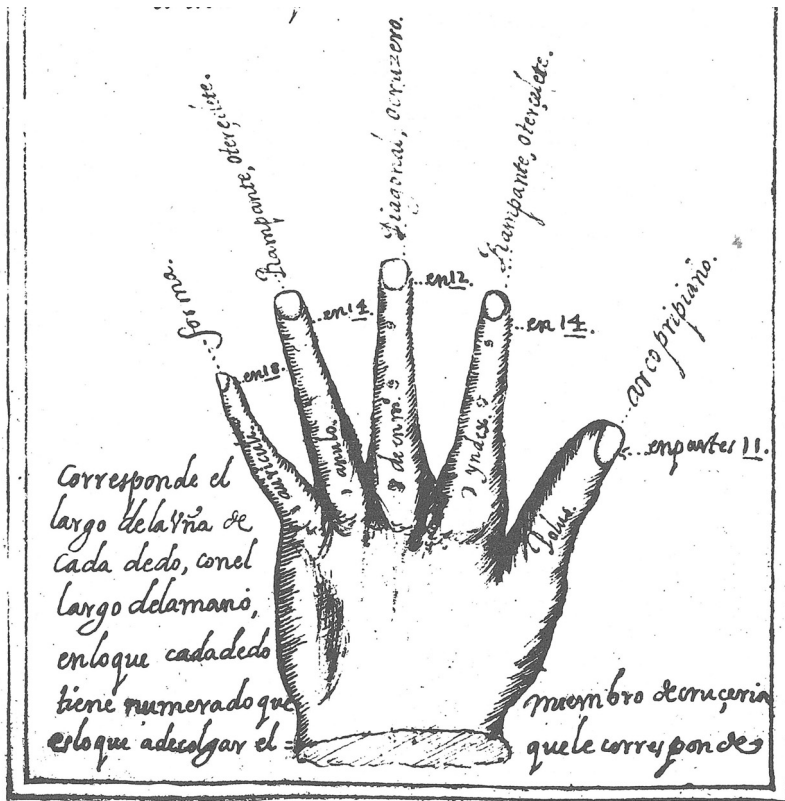


Figura 3. Proporción entre la uña y la mano para el cálculo del espesor de los nervios. Lo que cuelga el nervio en relación a la luz es lo mismo que la uña (sic.) en relación a la mano. Esta discrepancia con el texto se debe, posiblemente, a un error de copia de Simón García. (Biblioteca Nacional de España Ms. 8884, fol. 25v)

Rodrigo Gil insiste en explicar la regla (prueba de que la considera importante):

Y bolbiendo a los dedos digo, que partiendo el largo o lado de la capilla en 20 partes vna será el alto del arco pripiano, y que el largo partido de este lado en 24 partes, vna será el alto del cruzero. Y el terçelete vna 28. Y la forma vna de 30. Y de esta manera serán proporçionados, segun lo que trauaja cada vno. (fol 23v)

Es muy interesante la última observación: los nervios se proporcionan en función del «trabajo que hacen», esto es, de la carga que transmiten. Un poco antes en el manuscrito ha comentado el tema:

Lo que se a de procurar en vn tem plo es, que los arcos sean delgados. la Raçon de lo qual trataremos adelante con el Favor de Dios, Y esto combiene que sean asi por quien prende a los estriuos Es estos arcos. la Raçon por ser Gruesos, y pugar derechos contra los estribos, lo qual no asen a los estriuos mal los cruçeros, ni terçeletes, asi por ser delgados, como por estriuar obliquamente. (fol. 21v)

Para Rodrigo Gil los nervios representan el empuje de la bóveda. O quizá sea más preciso decir que emplea los nervios para calcular el empuje de la bóveda. Los antiguos maestros medían el empuje no como ahora, en unidades de fuerza (toneladas o kN), sino por el espesor del estribo que necesita. Los nervios que más empujan son los perpiaños (los más gruesos), que estriban perpendicularmente; mucho menos terçeletes y cruceros; y nada los formeros (que no computan en su regla aritmética para los estribos. El estudio detallado de las reglas estructurales de Rodrigo Gil se ha hecho ya en otra parte.)

Por otra parte, cuando la bóveda no tiene, por ejemplo, nervios cruceros, Rodrigo Gil precisa que se imaginen, salvo que el casco sea de ladrillo: «no se deja de contar el cruçero aunque no lo aia si no es quando se cierra el casco de ladrillo» (fol. 5r). Estas precisiones son difíciles de interpretar pero no dejan lugar a dudas del empleo sistemático de las reglas por parte de Rodrigo Gil.

¿Por qué tomar la mitad de la uña y no la uña entera? Rodrigo Gil parece justificar esta decisión diciendo «pues vna naue es compuesta de 2 manos», pero como se ha dicho, se trata simplemente de ajustar la analogía a la regla práctica. Es una regla nemotécnica, sin duda útil.

El empleo de reglas proporcionales para el cálculo del espesor de los nervios es completamente correcto. Un arco de fábrica, para una cierta carga, presenta un espesor límite, esto es, no puede hacerse más delgado de una cierta fracción de la luz. Para un arco



de medio punto sometido as u propio peso, el espesor límite es  $1/18$  de la luz. El espesor límite se reduce de manera drástica a medida que el arco se hace más rebajado, abarcando un ángulo de menos de  $180^\circ$  (Fig. 4). La función estructural de enjarjes y rellenos de mampostería en los senos es, precisamente, hacer que los nervios del esqueleto sean rebajados. De esta manera se pueden hacer más esbeltos siendo estables, con un considerable ahorro de piedra. A este aspecto se debe unir el comentado anteriormente: para que el esqueleto siga siendo estable al construir el casco necesita del peso de las claves. El tema es complejo pero la conclusión es simple: el proyecto proporcional es el correcto. El análisis moderno llega por la Teoría de Estructuras; los maestros medievales por la observación crítica.

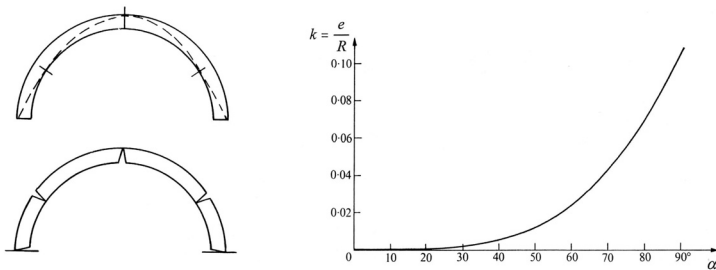


Figura 4. Arco semicircular límite y variación de la esbeltez en función de la apertura, según Heyman. Cuanto más rebajado es el arco, mucho más delgado puede ser

#### *Espesor de nervios. Matizaciones para naves altas, bóvedas rebajadas y tramos rectangulares*

A continuación matiza la regla para el espesor de los nervios en función de la altura de la nave, la forma del tramo y el rebajamiento de la bóveda.

Si el nivel del arranque de la bóveda es más alto que la luz de la nave, se debe incrementar el espesor de los nervios en la misma proporción: «ad biertase que esta Regla damos, subiendo la capilla de pie otro. tanto como tubiere por lado. Y si mas subiere se le añada por Regla de 3. Y si menos se le disminuia» (fo. 23v).

Si la bóveda fuera rebajada (a painel, esto es, con la forma de un óvalo rebajado) también se debe incrementar el espesor en la misma proporción que disminuye la altura: «No obstante que si la montea fuere a paynel por la mesma Regla de 3 se le acreçiente segun bajare».

Finalmente, si el tramo es rectangular (alargado, «perlongado»), se debe tomar como luz para el cálculo de los nervios la media de los lados del tramo: «Si fuere perlongada no se tome, el lado maior, ni el menor mas juntese, y partase por medio. Y de aquello se saque esta ReGla. exemplo, supongo ser vna capilla que tiene por un lado 20. y por otro 30. juntos son 50. la mitad son 25. pues de esto se a de sacar, y rrepartir lo dicho».

Esta afirmación, los nervios de las bóvedas rebajadas deben ser más gruesos, parece contradecir el comentario anterior. No es así. La bóveda real sufrirá movimientos, principalmente debido al ligero cedimiento de los apoyos. Cuanto más rebajada sea la bóveda más afectarán los cedimientos a los nervios que se disorsionarán visiblemente. Un nervio más grueso soporta mejor estas distorsiones; un nervio delgado puede llegar a colapsar hacia abajo. De hecho, esto sucede con alguna frecuencia en los nervios delgados, poco curvados, de los rampantes.

### *Peso de las claves*

Al tratar de las claves Rodrigo Gil se ocupa exclusivamente de su función estructural como contrapeso para el equilibrio del esqueleto de nervios. Este aspecto es extraordinariamente significativo y ha sido sistemáticamente ignorado o mal interpretado. Sin embargo, el texto del manuscrito no deja lugar a dudas en cuanto al pensamiento del maestro.

En primer lugar distingue entre los nervios que sustentan y los que son sustentados:

En las claves se an de entender los miembros que sustentan y los que son sustentados. Porque los que son sustentados se an de Restar de los que sustentan conoçese en que los que sustentan, naçen de los jarjamentos, Y los que son sustentados naszen de las clauas. (fols. 23v-24r)

También precisa que hay claves que sustentan y otras son sustentadas: «tambien ay clauas que sustentan; Y otras que son sustentadas, las que estan en el arco del Cruzero, o terçete, son sustentadas. Y las que estan en los vltimos fines de los arcos de los terçetes, o Cruçero, sustentan todas».

A continuación da su regla para el cálculo del peso de las claves. La regla se expresa en la forma de un ejemplo. Calcula el peso de la clave mayor para una bóveda de planta cuadrada de 20 pies de lado (con toda probabilidad la que aparece dibujada más adelante para explicar la construcción, ver Fig. 5 más adelante). Suma las longitudes de los nervios que sustentan, los dos cruceros, y le resta la suma de los nervios sustentados, los dos rampantes. La raíz cuadrada del resultado es la proporción del peso de la clave en relación al peso de un pie del crucero:

Pues queremos saber vna capilla que tiene de lado 20. pies. tiene de cruçero 28 pies, tiene por circunferencia 44. Y otros 44, del otro arco del cruçero son 88 pies. Resta lo que es sustentado como el Rampante, y allo en sus 4 medios 12. pies. quitados de 88. quedan 76 de esto saca Raiz quadrada, Y bienen a la Raiz 8. pies y 12/17 abos. Si pesare quintal el pie de cruçero, la daue maior pese 8. quintales y 12/17, abos de quintal.

Para hacer los cálculos de forma sencilla, supone que los nervios están dispuestos sobre la superficie de una esfera de radio la mitad de la diagonal de la planta (ya había hecho esta simplificación en su regla sobre los estribos). Realiza los cálculos tomando como valor de  $\pi = 22/7$ , y raíz cuadrada de  $2 = 7/5$ . Este empleo de valores aproximados es típico de la geometría práctica del gótico. (De nuevo, algunos autores han querido ver ignorancia cuando lo que hay es sabiduría práctica.)

No vamos a repetir todos los cálculos, pero resulta ilustrativo, a modo de ejemplo, hallar la longitud del arco crucero: el radio será la mitad de la diagonal,  $\frac{1}{2}(20)(7/5) = 28/2 = 14$ . La semicircunferencia, la longitud del crucero, valdrá pues  $14(22/7) = 44$  pies. Sin duda Rodrigo Gil ha utilizado el valor de 20 pies para obtener resultados en números enteros; práctica de buen maestro.

La regla es extraña pues, si bien relaciona el peso de la clave con el del crucero por unidad de longitud, el coeficiente no tiene dimensiones de longitud sino de su raíz. Si llamamos  $n_p$  a la longitud de los nervios portantes (sustentantes) y  $n_s$  a la de los sustentados, y  $q$  es el peso en quintales de un pie de crucero, entonces, la regla puede expresarse algebraicamente como:

$$Q = q\sqrt{\sum n_p - \sum n_s}$$

Por este motivo, la falta de coherencia en las unidades, esta regla ha sido considerado absurda por la mayor parte de los autores que han estudiado esta parte del manuscrito.

Rodrigo Gil empleaba a menudo reglas dimensionalmente incorrectas. Por ejemplo, el diámetro del pilar de la nave lo obtenía sumando la altura del pilar, la luz y el ancho del tramo, sacando la raíz cuadrada y dividiendo por dos.

Algebraicamente:

$$d = \frac{1}{2} \sqrt{h + l + a}$$

Una longitud se obtiene como la raíz de otra longitud. Realmente, Rodrigo Gil está estableciendo una relación no lineal entre el diámetro de la nave y su tamaño. A medida que la iglesia se hace más grande, el pilar se hace proporcionalmente más esbelto. Esto es básicamente correcto, como se ha demostrado en otra parte (Huerta 2004).

En cuanto a las claves, si una clave de un cierto peso equilibra un esqueleto de nervios en construcción, el peso que está equilibrando depende de: 1) la superficie del casco de bóveda construido; 2) el peso de los nervios. No obstante, los nervios pesan mucho menos que el casco de la bóveda (del orden de la décima parte). Si el tamaño aumenta, el peso del casco crece con la superficie (el espesor de las bóvedas del gótico tardío español es constante, entre 1/2 y 2/3 de pie). Si aplicáramos una regla proporcional a la clave, su peso crecería con el volumen, esto es, la clave sería demasiado pesada. Como en el caso de los pilares la raíz cuadrada permite a Rodrigo Gil tener en cuenta, de forma empírica por supuesto, un proyecto no proporcional. Como se ha visto antes, el problema es real, y una clave demasiado pesada o demasiado ligera produciría problemas durante la construcción.

### *Construcción de una bóveda de crucería*

Tras haber explicado la forma de obtener el tamaño de nervios y claves, Rodrigo Gil explica el proceso de construcción de la bóveda con la ayuda de un dibujo («demostración»). Advierte antes de empezar la dificultad de comprender para un lego, alguien que no es maestro, no tiene experiencia ni práctica, ni ha presenciado la construcción de alguna bóveda (exactamente nuestra situación actual):

Y por que esta materia que tanto importa, quede bien esplicada, Y exemplicada, pondré a la buelta vna demostracion, en que se entienda esto quando me sea posible, aunque estas cosas, podran ser difiçiles de comprehender faltando en quien las procura la experiencia la practica, la profesion de la cantería, y la execuçion, o el aberse allado presente a algunos çierres de cruçeria, para haçerse capaz en el asiento de ella. (fol. 24r)

Enumera las tareas que le parecen más importantes o más difíciles. Así, habla de la dificultad de «haçerse capaz» en el asiento «... de los combados, que son aquellos laços que ban de clauës, a clauës» así como de su labra, volviendo a recordar que estos nervios son sustentados: «... del modo de bulcarlos, Para rrebírar sus moldes que todos son sustentados» (fol. 24v).

Insiste en que estos nervios son sustentados y aprovecha para recordar que las claves que estén en los terçeletes y en los comienzos de los cruceros son todas sustentadas: «... como tambien todas sus clauës, como sean las de los extremos de cruçeros, Y terçeletes como ia es dicho».

Quien quiera comprender la construcción deberá saber tirar los plomos de las monteas para calcular la altura de las claves y poder cortar los pies derechos sobre los que van a apoyar: «... arale falta la experiencia para el tirar de los cordeles para el cortar las mazas de las clauës, a el alto que cada vna rrequiere».

También deberá saber «sacar los jarjamentos» (labrar los arranques), y labrar las dovelas de los nervios según su curvatura, «...Y abança cada miembro por su linea como le toca Respecto de su buelta y en apartandose cada vno con su Grueso», y «cortar los salmeres» (la primera dovela que presenta el lecho inferior horizontal y el superior radial) y «para otras muchas çircuntançias tocantes a esto, que por la demostraçion no se podran explicar mas aré todo lo posible porque quede claro».

Rodrigo Gil enumera todas las tareas principales de las que consta la ejecución de una bóveda de crucería. El dibujo es muy interesante. No es el típico dibujo de cantero en el que la planta y el alzado (montea) de los nervios se trazan independientemente. Rodrigo Gil quiere explicar el proceso a alguien que es lego en la materia y, por primera vez, emplea un sistema que se usará más tarde de forma sistemática: abatir el nervio sobre la planta para que se pueda relacionar fácilmente.

A continuación se irá explicando el dibujo en relación con la construcción (Fig. 5):

CLAVES: Así, «Las 2. CC son la daue maior, vna en planta, Y otra en la buelta», la posición de la clave mayor en la planta y sobre el nervio crucero.

LOS ENJARJES: «las GG. Garjamentos, vno en planta, Y otro en buelta por abança como demuestran las lineas de los puntos que pasan de nibel de vn lado a otro». Traza los enjarjes en planta y en sección, mostrando como las piedras van volando sucesivamente («en buelta por abança») sobre los lechos horizontales. También

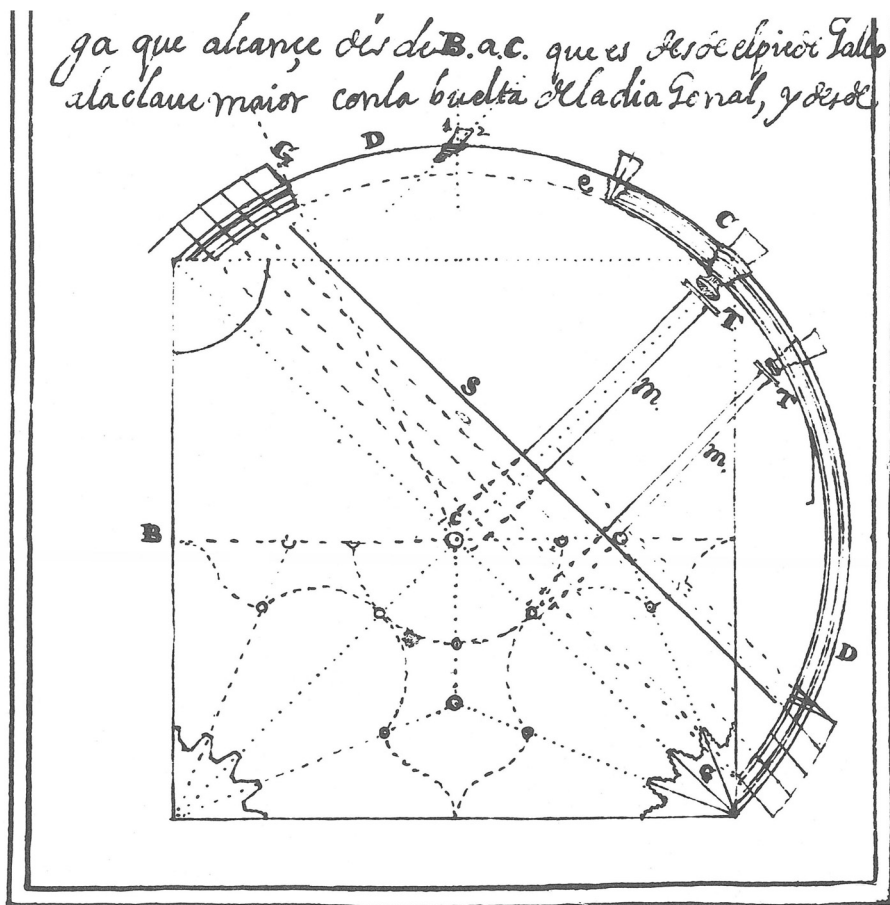


Figura 5. Construcción de una bóveda de crucería. Sobre la traza se ha dibujado la monte del arco crucero, abatida; se indica la traza, la altura de los enjarjes, la situación de los salmeeres, la evolución de la labra de los enjarjes, la posición de los pies derechos que soportan las claves, el tablón que recibe la tortera, el espesor de los nervio del nervio crucero, el ángulo que hay que revirar los combados. Es un dibujo notable por la información que contiene. (Biblioteca Nacional de España Ms. 8884, fol. 25r)

indica con una línea de puntos que los cuatro enjarjes deben estar al mismo nivel.

Su afán didáctico queda reflejado en varios detalles: empezando por el ángulo superior izquierdo, y girando en sentido antihorario, representa tres etapas de la labra del lecho superior del enjarje. Arriba izquierda, el sólido capaz con el cuarto de círculo que delimita el intradós de los nervios; después la primera labra en la que se ve el sólido capaz de cada nervio, y, finalmente, el lecho resultante de la intersección de las secciones de los nervios. En las dos últimas se señalan con líneas de puntos las proyecciones de los nervios. (Sabemos, gracias a Willis, que estas líneas se grababan sobre la superficie del lecho como líneas auxiliares para, con las plantillas de los nervios, sacar el perfil del lecho.)

CRUCERO: Explica la montea del crucero que es «la Curba diagonal GG, que haçe el casco de la capilla, y aquel peso de las losas que llamamos plementería». Da por supuesto que se trata de un arco de medio punto (con mucha frecuencia los arcos cruceros son de medio punto en todas las etapas del gótico) y menciona explícitamente la cáscara que forman los sillarejos de forma casi plana («losas») de la plementería; parece distinguir entre «casco» como superficie del intradós y «plementería» como la cáscara propiamente dicha.

Menciona la cola del nervio crucero y de las claves, que aparecen en el dibujo, y su función como tope para la construcción de las bovedillas de la plementería; cita de nuevo la regla del espesor: «[las losas de la plementería] cargan sobre aquellas orejillas que haçe el cruçero y alli se ue lo que cuelga la moldura, que es vna de 24. partes del lado de la capilla como dicho es, lo que se be de la diagonal arriba es la cola que lleuan cruzeros, Y clauës».

En efecto es la existencia de la cola, aunque su resalto sea mínimo, lo que permite construir independientemente cada paño entre nervios (si no existiera, las losas resbalarían sobre el trasdós de los nervios).

Los combados se labran de manera que su sección permanezca vertical; hay que girar («bulcar»), por tanto, las plantillas. El giro aumenta al alejarse de la clave mayor y acercarse a los arranques: «aquel moldeçito jayrado que se be en la buelta, es de los combados Y lo que ay del 1. al 2. es lo que rrequiere bulcar para que su moldura cayga a plomo, y este bulco, es mas o menos, conforme se aparta de la daue maior».

PIES DERECHOS Y CIMBRAS: Pasa a describir la construcción propiamente dicha. Primero se sitúan las claves sobre unos pies derechos («maças»). Las claves apoyan sobre una plataforma de trabajo suficientemente resistente sobre la que se ha trazado la planta de la bóveda. Esta plataforma S debe estar a la altura del lecho superior de los enjarjes. En el dibujo se aprecia otro andamio inferior, el que se empleó para asentar las piedras de los enjarjes:

...las m.m. son las maças o pies derechos. para asentar las clauas antes que cruzero alguno. Para cortarlas al alto que requieren, se les toma en esta manera. el andamio se açe al nibel de donde comiençan a mober (FOLIO 25r) las bueltas, que significa la diagonal de la planta GC. Y porque alli estará vajo, por allarse los jarjamentos con sus abançamentos mas altos. Y no se alcançara a asentar los cruzeros sobre ellos, se ará otro segundo andamio como S. Y este tan quajado de fuertes tablones, que en ellos se pueda traçar, delinear, y montear, toda la cruceria ni mas, ni menos de lo que se ve en la planta. (Fol. 25r)

Explica la forma de calcular la altura de los pies derechos. Para ello se tiran rectas perpendiculares al nivel del andamio. Para las claves situadas en los cruceros es una operación sencilla: «... señaladas todas las clauas en su lugar sobre los tablones dejar caer perpendiculos, de la buelta a ellas, esto es para las que están en los cruzeros o diagonales».

Advierte que para el resto de las claves sobre los terceletos o comabados se debe seguir otro procedimiento. Se construye una cercha que vaya de la clave mayor hasta la clave del formero o perpiaño (puntos B y C en la planta). Definida la forma de esta curva, la altura de los pies derechos queda determinada:

Mas para las maças de todas las otras se ará assi. puesta la clabe maior al alto que le toca, arás vna çercha tan larga que alcançe desde B. a C. que es desde el pie de Gallo a la claua maior con la buelta de la diaGonal, y desde estas zerchas dejar caer plomos a las clauas que estan señaladas en los tablones, y aquello será el largo de cada maça... (fols. 25r-25v)

Parece decir que esta curva (llamada a veces «rampante») debe tener el mismo radio que el crucero, «con la buelta de la diagonal». En las bóvedas construidas se aprecian normalmente radios mayores. Dado que Rodrigo Gil está describiendo de forma simplificada el procedimiento es posible que haya tomado este radio para evitar entrar en el tema, complicado, de la forma del rampante.



Que Rodrigo está explicando un ejemplo simplificado queda demostrado de nuevo por este hecho: no hay más que mirar los arcos formeros de cualquier bóveda de crucería de tramo rectangular para ver que estos arcos son siempre apuntados para dar más altura a las ventanas (ver el propio dibujo de Rodrigo Gil en la Fig. 7, más adelante). Cuando se visita un bajocubierta, se aprecia con claridad cómo el trasdós cupuliforme se modifica para formar a modo de lunetos entre los terceletes y formeros. Así, de nuevo, lo que algunos autores han visto como un error de Rodrigo Gil no es sino otra prueba más de su maestría y de la necesidad de simplificar la exposición para que sea comprensible a legos en la materia.

Precisa que los pies derechos deben estar rematados por un tablón para que asiente bien la clave, cuya parte inferior («la tortera») va labrada con decoración: «... y a la caueza alta llevará un pedaço de tablon, bien clauado, y Grueso para que mejor asiente la tortera de la claua que esto que cuelga de la moldura abajo señalada con T en la qual se tallan laços, flores, dibujos, o figuras»

Finalmente señala que normalmente se realiza un taladro vertical en el centro de las claves que sirve para pasar cuerdas que permitan desmontar los andamios, limpiar las bóvedas o colgar lámparas: «... abarrenando algunas clauas por medio de abajo ariva y estos agujeros sirban para limpiar la capilla, o para colgar lamparas, o para deshaçer los andamios de dicha capilla».

El sistema descrito por Rodrigo Gil es tan racional que ha sido empleado en la reconstrucción de bóvedas góticas (por ejemplo en Alemania tras la Segunda Guerra Mundial) por canteros que, por supuesto, desconocían su tratado. La construcción de un andamio general sobre el que se construye una plataforma de trabajo para trazar la planta, apoyar los pies derechos, las cimbras y las grúas, hacer acopio de materiales y finalmente construir el casco de la bóveda, cubriendo cada unos de los paños entre nervios.

Se confirma su uso en uno de los documentos más interesantes sobre la construcción de una bóveda gótica: La tasación por Francisco de Luna, en 1543, de las cuatro bóvedas de la cabecera de la iglesia de Priego en Cuenca, construidas por Pedro de Alviz. La profesora Rokiski ha transcrito este documento. Se recoge en él, posiblemente, la medición más detallada de la construcción de unas bóvedas góticas. No hay espacio aquí para tratar en detalle el contenido, pero sí es pertinente comentar cómo está estructurada la tasación de las bóvedas. El documento va acompañado de dos dibujos (Fig. 6). Se pueden distinguir tres tipos de partidas:

#### LABRA

- labra de nervios y claves. Los nervios se tasan por varas, "bara de sacar y labrar y desbatar". Su precio varía según sean cruceros y terceletes, formeros o torales. Las claves se tasan por unidad.

- las piedras de la plementería, el «dobelaje», que se miden por varas también.
- la labra de los enjarjes, «jarjamentos», de las bóvedas (partida alzada).

#### ASIENTO Y MACIZADO

- el asiento de nervios y plementería en cada una de las cuatro bóvedas (ochavo, capilla mayor y dos capillas laterales del crucero). (partida alzada)
- el asiento de los enjarjes. (partida alzada)
- el asiento de los arcos torales (partida alzada)
- macizado de los riñones de las bóvedas (partida alzada)

#### ACABADO Y DESMONTAJE DE LOS ANDAMIOS

- limpieza, repaso y desmontaje de las cimbras de las bóvedas (partida alzada)

#### ANDAMIOS PRINCIPALES

- ejecución de andamios principales (partida alzada)

En el asiento de las bóvedas la partida se describe así (capilla del ochavo): «asiento de la capilla del ochabo con sus cinbrias y andamios que se armaron de los andamios principales». Es decir, las cimbras y andamiaje para la construcción dela bóveda se montan sobre el andamio principal. La partida de andamios principales se describe: «azer andamios principales de azer y desazer y engorros de los dichos andamios». (Hacer andamios desmontables.) Hay pocas dudas de que Francisco de Luna está presupuestando el mismo procedimiento descrito por Rodrigo Gil.

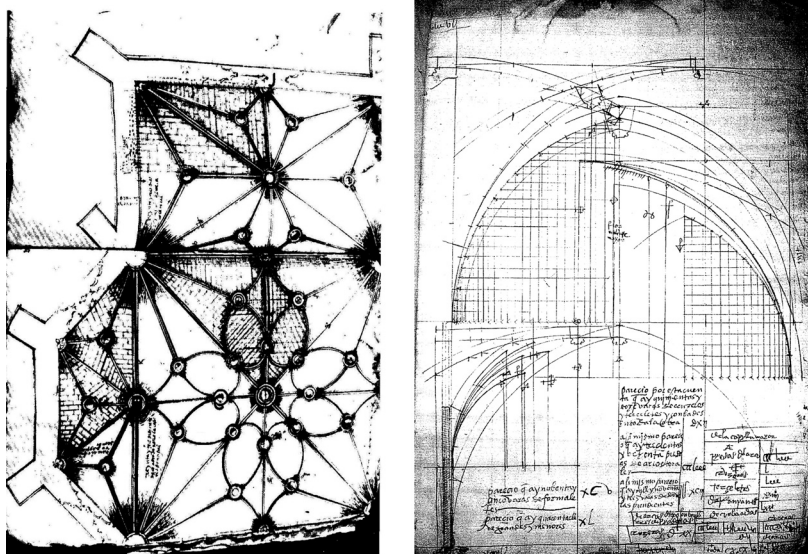


Figura 6. Dibujos de Francisco de Luna para la tasación de las bóvedas de la iglesia de Priego, Cuenca (Rokiski 1980)

*Arcos formeros y remate de los estribos*

Tras terminar su explicación de la construcción añade un par de dibujos, figura 7, de la forma en que «se rematan» las bóvedas: «Pareçeme que no será, fuera de proposito, pues estamos (como diçen) con las manos en la masa, al tratar de la forma que han de Rematar los estriuos, de las propuestas plantas, o de otras quales quiera. Para lo qual me a paresçido, poner algunos diseños, por si agradaren a algunos» (fol. 26r).

El primer dibujo presenta el alzado del muro, con el arco formero y los enjarjes ya contruidos. El segundo muestra un arbotante. Precisa que los arbotantes se emplean cuando las naves laterales son más bajas, para estribar (dar fuerza) a la nave mayor: «quando las colaterales quedan mas bajas que la maior, se le da fuerça a la maior con arbotantes al modo de este que sale del estriuo que Remata en piramide» (fol. 26v).

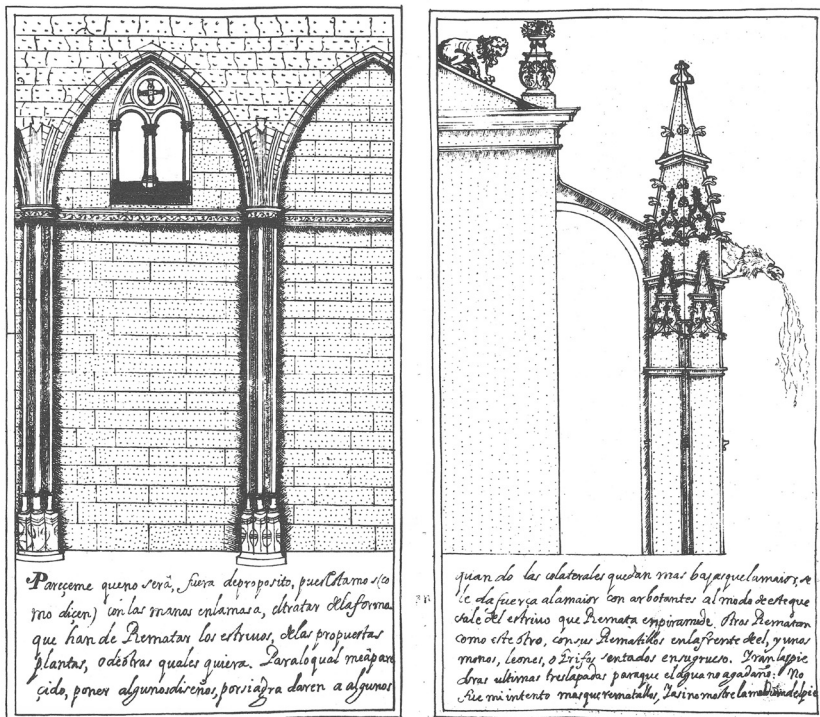


Figura 7. Izquierda, arco formero y enjarjes de una bóveda. Nótese que el arco formero es apuntado; la bóveda no es vaida. Derecha, arbotante y estribo

A continuación hace una disquisición sobre la forma de terminar los estribos que reciben los arbotantes, enfatizando la necesidad de traslapar las piedras para que no entre agua: «otros Rematan como este otro, con sus Rematillos en la frente de el, y unos monos, leones, o Grifos sentados en su grueso. Yran las piedras ultimas treslapadas para que el agua no aga daño». Precisa, para terminar, que no ha puesto la planta del estribo porque sólo pretendía mostrar el remate: «No fue mi intento mas que rematallos, Y asi mostre la moldura del pie».

### **Las condiciones para terminar las bóvedas de la girola de la catedral de Segovia**

Una fuente directa sobre la construcción de las bóvedas góticas la suministran las condiciones para su construcción redactadas por los maestros. Este tipo de documentos son difíciles de localizar y obtener, y quizá por ese motivo no han recibido la atención que merecen.

Antonio Ruiz publicó en su libro sobre *Las trazas de la catedral de Segovia* (Segovia 2003) las condiciones para la terminación de las capillas de la girola, fechadas en 1591 («Las condiciones y orden con que se han de proseguir y acabar las ocho capillas ornecinas del trascoro de la santa yglesia de Segovia»). Cuando muere Rodrigo Gil en 1577 se habían levantado los muros y terminados los enjarjes. La obra se interrumpe más de un decenio y las citadas condiciones deben estar basadas, según me ha comunicado el profesor Ruiz Hernando, en las redactadas por Rodrigo Gil. El nivel exhaustivo de detalle corrobora esta suposición.

El documento es de un interés extraordinario en su conjunto, pero, nos ceñiremos a comentar la información sobre la construcción de las bóvedas. Con seguridad existía una traza de la girola, que podría ser la que se conserva en el archivo de la catedral u otra posterior. En la figura 8 se ha reproducido la traza de la girola extraída de Ruiz (2003, 17).

La primera parte de las condiciones se refiere al cerramiento de los arcos que dan a la girola, con sus molduras, alturas y remates tal como indica la traza aprobada («que señala la planta»).

Sobre las bóvedas dice la manera en que se han de continuar desde los enjarjes, afirmando que se han de seguir las trazas que señalan los enjarjes ya ejecutados: «es condicion que el dicho maestro aya de çerrar las dichas ocho capillas con la orden y forma de cruceros que la election que sus jarjamentos señalan».

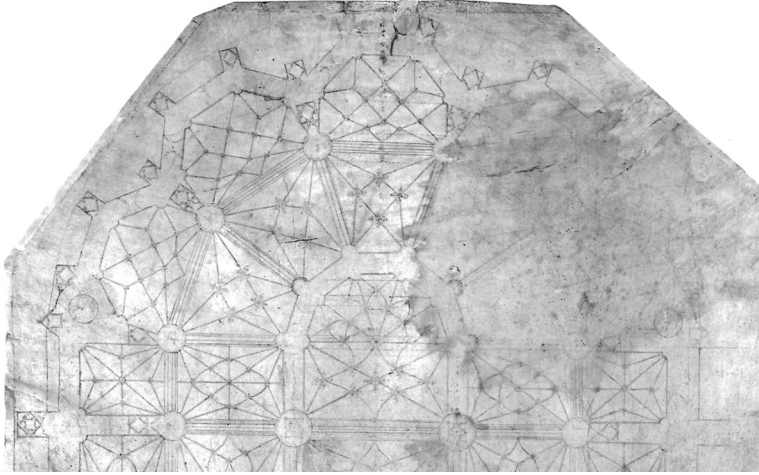


Figura 8. Trazas de la girola de Rodrigo Gil de Hontañón

Si se varía la traza, entonces, el maestro deberá realizar las modificaciones necesarias para el adecuado enjarje de los nervios, e incluso, si fuera necesario, desmontar y rehacer por completo los enjarjes. La plantilla o sección («molde») de los nervios debe ser conforme a la de los arranques: «yten que si los dichos jarjamentos no stubieren lebandados en su punto de monte ni acudieren sus ligneas a los rincones i partes dellos el dicho maestro sea obligado a los rretundir y rretirar o abatir lo que tubiere necesidad conforme la dicha monte su molde de cruceria y bordones sera el mes [ma] que los dichos jarjamentos disinia». (El término «bordón» parece referirse a algunos de los nervios que salen del enjarje.)

Especifica que los cruceros y «bordones» (¿terceletes?) tengan una cola de medio pie (14 cm), para que se puedan construir los paños de la plementería. Las piedras de la plementería tendrán un espesor de tres cuartos de pie (21 cm), tendrán un ancho de un pie (28 cm) o una cuarta (palmo, unos 20 cm), y se dispondrán por hiladas («galgas») bien definidas, medidas sobre la curva en toda la plementería (es precisamente esta regularidad la que permite la medición por varas empleada por Francisco de Luna):

Y es condicion que los cruceros y bordones de las dichas siete capillas y los demas lleben medio pie de cola donde carguen los prendientes y los prendientes de todas las ocho capillas seran de tres cuartos de pie de grueso y de un pie o una quarta de hanco y seran las hiladas galgadas al dicho ancho en todos los capuchos de las dichas capillas que aunque sean las lineas curbas en distancia seran yguales.

Las claves se han de situar siguiendo la traza y tendrán el mismo espesor de las claves de la capilla de la sacristía (las bóvedas de la sacristía fueron, posiblemente, las últimas cerradas por Rodrigo Gil) y presentarán las ménsulas para recibir los nervios: «Y es condicion que en las partes y estremos que señala la dicha planta clabes se asienten labradas con su talla y estas dichas clabes tendran de grueso lo que tiene las de la capilla de la sacristia con la correspondencia de miembros que las cubren».

Los riñones o senos de las bóvedas se trasdosarán con mampostería de cal y canto hasta un tercio de la altura de la bóveda. Las piedras se asentarán en falsa bóveda para no cargar demasiado contra el casco. «Ansi mesmo es condiçion que todas las ocho capillas en los quatro rincones de cada una seran enbecadas hasta su tercio con piedra de mamposteria y cal asentado a maestria con sus abançamentos porque no cargue demasiado en la cruceria».

(Lo que se refiere a la altura del macizado del trasdós, se puede interpretar de varias maneras. Dado que los enjarjes ya estaban ejecutados, pensamos que se refiere al tercio de altura entre el lecho superior de los enjarjes y la clave. Esto conduciría a una altura de relleno de algo menos de la mitad de la altura total, proporción que coincide con lo observado en muchas bóvedas y lo prescrito por Fray Lorenzo de San Nicolás para este tipo de bóvedas.)

La piedra ha de ser de Balseca, de color blanco y sin defectos: «toda la piedra destas dichas ocho capillas a de ser de las canteras de Balseca como dicho es de la piedra blanca que ninguna piedra tenga amarillo ni colorado sino blanco como dicho es y limpio sin oyo alguno».

La bóveda se debe cerrar manteniendo una curvatura regular, sin corcovas o jorobas, con nervios y claves bien labrados, sin desconchones ni desportilladuras, y dejando juntas menores que el espesor de un real de a dos (esta condición aparece también en otros documentos de la época): «... quel dicho maestro çierre todas las bueltas de la cruceria sin corcobo alguno y la cruceria y clabes y todos los demas miembros seran bien labrados y escodados sin desportilladura alguna y sus juntas sean muy ajustadas que no quepa mayor cantidad que de un rreal de a dos».

Se dan también condiciones sobre la cal y arena que se ha de emplear, sobre qué piedra se ha de usar en los canales y gárgolas («piedra cardena», es decir, granito), cuyas juntas se deben impermeabilizar («embetunar»), del acarreo, inventario y tasación de la piedra, etc.

Es de interés, en el contexto que nos ocupa, la mención que se hace a los andamios y grúas. Probablemente éstos se dejaron puestos cuando se interrumpió la obra: «... si el dicho maestro o maestros quisieren (sic) aprovecharse de la madera y de los tablones y andamios y la grua con lo que al presente se sirbe la dicha obra...».

Se dice expresamente que se deben terminar los tejados antes de cerrar las bóvedas para evitar que el agua de lluvia las ensucie: «Yten es condicion que los dichos maestros ayan de echar en cada una de las dichas ocho capillas sus tejados en todas las dichas ocho capillas y esto sera antes que se ci erren las dichas capillas de canteria porque las aguas llubias no ennegrezcan los cascos dellas».

Sigue una detallada descripción de los tejados, especificando la pendiente, el número y tipo de las armaduras, y las escuadrías de los distintos elementos.

La observación de que se cierran los tejados es interesante porque confirma documentalmente una suposición que se hace habitualmente en los libros sobre construcción gótica. Con toda probabilidad sobre los tirantes de los tejados se podrían situar las grúas par asubir el material

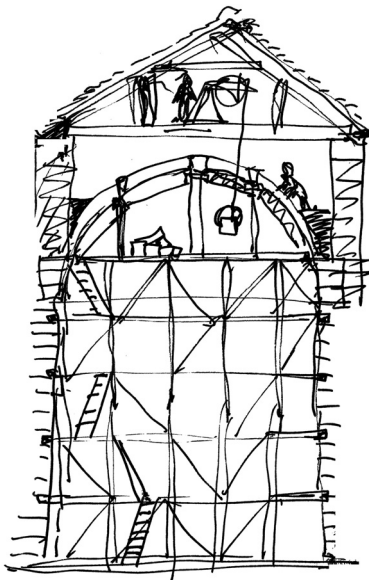


Figura 9. Croquis de una bóveda en construcción. Se ve el andamio principal, las cimbras y pies derechos que apoyan sobre él, y el tejado donde se ha dispuesto una grúa (autor)

## Referencias

- Fitchen, John. 1981. *The construction of gothic cathedrals: A study of medieval vault erection*. Chicago: The University of Chicago Press.
- García, Simón.. 1681. *Compendio de arquitectura y simetría de los templos conforme a la medida del cuerpo humano, por Simón García, arquitecto natural de Salamanca. Año 1681..* Ms. 8884, Biblioteca Nacional de Madrid (accesible en Biblioteca Digital Hispánica, [www.bne.es](http://www.bne.es))
- García, Simon. 1991. *Compendio de arquitectura y simetría de los templos. 2 Tomos*. Valladolid: Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid.
- Heyman, Jacques. 1999. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.
- Hoag, John D.. 1958. Rodrigo Gil de Hontañón: his work and writings. Late medieval and Renaissance architecture in sixteenth century Spain.. *Ph. D.*. Yale University: 473
- Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Huerta Fernández, Santiago. 2012. «Technical challenges in the construction of gothic vaults: The gothic theory of structural design». En: *Construction Techniques in the Age of Historicism. From Theories of Gothic Structures to Building Sites in the 19th Century*, U. Hassler, Ch. Rauhut y S. Huerta, eds. München: Hirmer, 2012, pp. 162-195.
- De L'Orme, Philibert.. 1567. *Le premier tome de l'architecture*. Paris: Federic Morel.
- Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la esteorotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.
- Rokiski Lázaro, María Luz. 1980. «La cabecera de la Iglesia de Priego (Cuenca): Dibujos y tasación». *Cuenca*, no. 17, pp. 27–34.
- Ruiz Hernando, José Antonio. 2003. *Las trazas de la catedral de Segovia*. Segovia: Diputación de Segovia, Caja Segovia.
- Sanabria, Sergio Luis.. 1982. «The Mechanization of Design in the 16th Century: The Structural Formulae of Rodrigo Gil de Hontañón». *Journal of the Society of Architectural Historians*. Vol. 41: pp. 281-293.
- Ungewitter, G.. 1890. *Lehrbuch der gotischen Konstruktionen. III Auflage neu bearbeitet von K. Mohrmann..* 2 vols. Leipzig: T.O. Weigel Nachfolger.
- Willis, Robert. (2012). *La construcción de las bóvedas en la Edad Media* (ed. por S. Huerta). Traducido por E. Pliego de Andrés. Madrid: Instituto Juan de Herrera.



## Apéndice

### De lo que le toca a cada miembro

Se adjunta la transcripción del apartado sobre el proyecto y construcción de bóvedas de crucería. Se ha tomado (revisada) la transcripción de Cristina Rodicio para la edición de 1991.

fol.22v De lo que le toca a cada miembro

Por quanto bemos en las capillas que açen de cruçeria, es bien que se sepa la grandeça que an de tener las claues, y que Gruesos los miembros. por quanto bemos muchas que se aRuinan, o por ser las claues mui pesadas, mas de lo que los miembros pueden sustentar, o por ser tan libianas que la Gravedad de los miembros, las leban tan y açen sentimientos, Y diçen aberse apartado las paredes, lo qual es falso, Porque a la pared no la puede el casco de la capilla apartar, por mala que sea la montea. Los tejados suelen algunas veçes cargando sobre las claues ofender, por la carga que tienen; otras veces suelen ofender, estriando contra las paredes, los quales perjuicios se evitan, con subir las paredes tan altas como la clau maior, de manera que los tirantes, no carguen sobre las claues, ni casco. Y cargando sobre caxa

fol. 23r bien enlazada en los angulos, puesta esta caxa en las lineas de dentro de la pared. Y en esto estriando el tejado, no puede ofender. como trae bitrubio libro 5 capitulo I Y en este compendio mençionamos, quando tratamos del ancho que abian de tener las naues, de lo qual nos resulta las grandezas y Gruesos de las capillas. Y arriba dijimos, tratamos, y dimos ReGlas de lo que abian de subir, y por que Raçon. Pues para tener regla General (que es lo que pretendemos) se entendera que el dedopolus, se tenga por el arco; Y el index, y el anulo, por terçeletes, Y el de en medio por cruzero, y el auriculi, por forma; Y para saber que proporçion tengan estos con la mano, son la mitad de las onzas de estos dedos, que es el largo de la vña de cada dedo. la qual tiene proporçion con la mano en esta manera el polus un deçimo, de la largura de la mano; el index, y el anulo vna de 14 partes el del medio vna de 12 partes. El auriculi vna de 18 partes, pues vna naue es compuesta de 2 manos, porque aunque dijimos en la analogia que desde el hombro a el codo es para colateral, aqui no se a de entender sino de un hombro a otro, que tiene 2 Rostros que es el largo de 2 manos. Como tambien se a de entender que aunque es regla que las colaterales que den a el alto de los capiteles de la maior, se entienda

fol.23v que ayan de quedar algo mas bajas, porque el armadura de los tejados, no enbraçe las (las luzes) Y bolbiendo a los dedos digo, que partiendo el largo o lado de la capilla en 20 partes vna será el alto del arco pripiano, y que el largo partido de este lado en 24 partes, vna será el alto del cruzero. Y el terçelete vna 28. Y la forma vna

de 30. Y de esta manera serán proporcionados, segun lo que trauaja cada vno. ad biertase que esta Regla damos, subiendo la capilla de pie otro. tanto como tubiere por lado. Y si mas subiere se le añada por Regla de 3. Y si menos se le disminuia. No obstante que si la montea fuere a paynel por la mesma Regla de 3 se le acreçiente segun bajare. Si fuere perlongada no se tome, el lado maior, ni el menor mas juntese, y partase por medio. Y de aquello se saque esta ReGla. exemplo, supongo ser vna capilla que tiene por un lado 20. y por otro 30. juntos son 50. la mitad son 25. pues de esto se a de sacar, y rrepartir lo dicho.

En las claves se an de entender los miembros que sustentan y los que son sustentados. Porque los que son sustentados se an de Restar de los que sustentan conoçese en que los que sustentan, naçen de los

fol. 24r jarjamentos, Y los que son sustentados naszen de las claues. tambien ay claues que sustentan; Y otras que son sustentadas, las que estan en el arco del Cruzero, o terçelete, son sustentadas. Y las que estan en los vltimos fines de los arcos de los terçeletes, o Cruçero, sustentan todas. Pues queremos saber vna capilla que tiene de lado 20. pies. tiene de cruçero 28 pies, tiene por circunferençia 44. Y otros 44, del otro arco del cruzero son 88 pies Resta lo que es sustentado como el Rampante, y allo en sus 4 medios 12. pies. quitados de 88. quedan 76 de esto saca Raiz quadrada, Y bienen a la Raiz 8. pies y 12/17 abos. Si pesare quintal el pie de cruçero, la daue maior pese 8. quintales y 12/17, abos de quintal. Y por que esta materia que tanto importa, quede bien esplicada, Y exemplicada, pondré a la buelta vna demostracion, en que se entienda esto cuando me sea posible, aunque estas cosas, podran ser difiçiles de comprehender faltando en quien las procura la experiencia la practica, la profesion de la cantería, y la execuçon, o el aberse allado presente a algunos çirres de cruçeria, para haçerse capaz en el asiento de ella, Y de los combados, que son aquellos laços que ban de claues, a claues, y del modo de bulcarlos, Para rrebírar sus moldes que todos son sustentados

fol. 24v como tambien todas sus claues, como sean las de los estremos de cruçeros, Y terçeletes como ia es dicho, arale falta la esperiencia para el tirar de los cordeles para el cortar las mazas de las claues, a el alto que cada vna requiere, para sacar los jarja-mentos, Y abançar cada miembro por su linea como le toca Respecto de su buelta y en apartandose cada vno con su Grueso cortar los salmeres y para otras muchas çircuntançias tocantes a esto, que por la demostracion no se podran explicar mas aré todo lo posible porque quede daro. Las 2. CC son la daue maior, vna en planta, Y otra en la buelta. las GG. Garjamentos, vno en planta, Y otro en buelta por abanço como demuestran las lineas de los puntos que pasan de nibel de vn lado a otro. las DD. son la linea Curba diagonal, que haçe el casco de la capilla, y aquel peso de las losas que llamamos plementería y cargan sobre aquellas orejillas que haçe el cruçero y alli se ue lo que cuelga la moldura, que es vna de 24. partes del lado de la capilla como dicho es, lo que se be de la diagonal arriba es la cola que

lleuan cruzeros, Y clauas. aquel moldeçito jayrado que se be en la buelta, es de los combados Y lo que ay del 1. al 2. es lo que requiere bulcar para que su moldura cayga a plomo, y este bulco, es mas o menos, conforme se aparta de la daue maior. las m.m. son las maças o pies derechos. para asentar las clauas antes que cruzero alguno. Para cortarlas al alto que requieren, se les toma en esta manera. el andamio se açe al nibel de donde comiençan a mo-

fol. 25r ber las bueltas, que significa la diagonal de la planta GC. Y porque alli estará vajo, por allarse los jarjamentos con sus abançamentos mas altos. Y no se alcançara a asentar los cruzeros sobre ellos, se ará otro segundo andamio como S. Y este tan quajado de fuertes tablonas, que en ellos se pueda traçar, delinear, y montear, toda la cruceria ni mas, ni menos de lo que se ve en la planta. Esto echo y señaladas todas las clauas en su lugar sobre los tablonas dejar caer perpendiculos, de la buelta a ellas, esto es para las que están en los cruzeros o diagonales. Mas para las maças de todas las otras se ará assi. puesta la clabe maior al alto que le toca, arás vna çercha tan larga que alcançe desde B. a C. que es desde el pie de Gallo a la claua maior con la buelta de la diaGonal, y desde

fol. 25v estas zechas dejar caer plomos a las clauas que estan señaladas en los tablonas, y aquello será el largo de cada maça, y a la caueza alta llevará un pedaçito de tablon, bien clauado, y Grueso para que mejor asiente la tortera de la claua que esto que cuelga de la moldura abajo señalada con T en la qual se tallan laços, flores, dibujos, o figuras. abarrenando algunas clauas por medio de abajo ariva y estos agujeros sirban para limpiar la capilla, o para colgar lamparas, o para deshaçer los andamios de dicha capilla.

Corresponde el largo de la vña de cada dedo, con el largo de la mano, en lo que cada dedo tiene numerado que es lo que a de colgar el miembro de cruçeria que le corresponde

foli. 26 Pareçeme que no será, fuera de proposito, pues estamos (como diçen) con las manos en la masa, al tratar de la forma que han de Rematar los estriuos, de las propuestas plantas, o de otras quales quiera. Para lo qual me a paresçido, poner algunos diseños, por si agradaren a algunos

fol. 26v quando las colaterales quedan mas bajas que la maior, se le da fuerça a la maior con arbotantes al modo de este que sale del estriuo que Remata en piramide. otros Rematan como este otro, con sus Rematillos en la frente de el, y unos monos, leones, o Grifos sentados en su grueso. Yran las piedras ultimas treslapadas para que el agua no aga daño: No fue mi intento mas que rematallos, Y asi mostre la moldura del pie.



# Segovia: su catedral y su arquitectura

## Ensayos en homenaje a Antonio Ruiz Hernando

edición a cargo de:  
Pedro Navascués Palacio  
Santiago Huerta

INSTITUTO JUAN DE HERRERA  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
Madrid

SEGUNDA IMPRESIÓN, CORREGIDA

© Instituto Juan de Herrera, 2013

© De cada ensayo, su autor

Todos los derechos reservados

ISBN: 978-84-9728-464-6

Depósito Legal: M-16332-2013

Cubierta: Arbotante y estribo rematado por pináculo. Dibujo de Rodrigo Gil de Hontañón extraído de *Compendio de arquitectura y simetría de los templos conforme a la medida del cuerpo humano*, por Simón García, arquitecto natural de Salamanca. Año 1681 S. García. Biblioteca Nacional, Ms. 8884, fol. 25r.

Impresión: StockCeroDayton ([www.stockcerodayton.es](http://www.stockcerodayton.es))

# Índice

Laudatio <i>Pedro Navascués Palacio</i>	9
Bibliografía del profesor Ruiz Hernando	19
Segovia y Salamanca. Dos catedrales hermanas	
<i>Valentín Berriochoa</i>	25
Dibujos y estampas de la catedral de Segovia: 1562-1862	
<i>José Luis Gutiérrez Robledo</i>	55
La portada de San Frutos de la catedral de Segovia. Proyecto y ejecución	
<i>Ignacio Hernández García de la Barrera y Raimundo Moreno Blanco</i>	83
La construcción de las bóvedas góticas según Rodrigo Gil de Hontañón, arquitecto de la catedral de Segovia	
<i>Santiago Huerta</i>	107
Metrología y composición de la catedral de Segovia. La planta del templo	
<i>José Miguel Merino de Cáceres</i>	135
Sobre el coro de la catedral de Segovia	
<i>Pedro Navascués Palacio</i>	159
Las bóvedas del eje central de la catedral de Segovia: la nave, el presbiterio y la capilla mayor	
<i>José Carlos Palacios Gonzalo</i>	173
Antes y después: bóvedas del claustro y cúpulas	
<i>Enrique Rabasa</i>	193

De las canonjías de Segovia a la casa de San Blas de Soria. Aspectos del románico civil en Castilla y León

*Miguel Sobrino González* 211

Algunas notas sobre la historia de la ciudad de Segovia y su catedral vieja y sobre el señorío secular de la Iglesia de Santa María

*Fernando Vela Cossío* 237

#### BIBLIOGRAFÍA

La catedral de Segovia: una aproximación bibliográfica

*Bonifacio Bartolomé Herrero* 251